

Växters luftrenande förmåga

– Att gestalta ett bostadskvarter som minskar
luftföroreningar

Lisa Johansson och Märta Scharp



Kandidatarbete 15 hp
Landskapsarkitektprogrammet, Ultuna
Institutionen för stad och land
Uppsala 2019

Titel: Växters luftrenande förmåga – Att gestalta ett bostadskvarter som minskar luftföroreningar

Engelsk titel: Plants ability to improve air quality - To design a residential block that reduces air pollution

© Lisa Johansson och Märta Scharp

Handledare: Antoinette Wärnbäck, SLU, institutionen för stad och land

Examinator: Lena Steffner, SLU, institutionen för stad och land

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet, fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för stad och land, avdelningen för landskapsarkitektur

Omfattning: 15 hp

Nivå: Grundnivå G2E

Kurs: EX0861, Självständigt arbete i landskapsarkitektur

Kursansvarig institution: institutionen för stad och land

Program: Landskapsarkitektprogrammet, Ultuna

Nyckelord: luftföroreningar, växter, bostadskvarter, lövareaindex, depositions hastighet

Omslagsbild: Tallkrona © Märta Scharp

Alla bilder i arbetet används med erforderliga tillstånd.

Publiceringsår: 2019

Publiceringsort: Uppsala

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se/>

Sammandrag

Urbaniseringen ökar globalt och en av de allvarligaste konsekvenserna är försämring av luftkvaliteten. Förorenad luft har en bevisad koppling till många allvarliga hälsoproblem och orsakar var nionde död. Mycket forskning tyder dock på att växter kan vara en del av lösningen. Dock saknas det fortfarande studier kring hur denna kunskap kan appliceras i praktiken. Syftet med denna uppsats är att via en litteraturoversikt undersöka om ett bostadskvarter kan gestaltas för att bidra med en positiv inverkan på luftföroreningar utan att dess funktioner försummas. Resultaten visar att det även på en liten yta med hjälp av rätt växtarter är möjligt att ha en betydande effekt på omgivande luftföroreningar. Dessutom visar resultatet att detta är genomförbart inom ramarna av ett bostadskvarter utan att försumma några funktioner. Vidare visar resultaten att det finns vissa generella principer/riktlinjer om hur växter kan väljas som går att applicera vid liknande projekt. Principerna rekommenderar bland annat användandet av barrväxter framför lövväxter, och användandet av växter med behåring på blad, klubbiga blad, komplex och grov bladstruktur eller stor bladvolym eftersom dessa egenskaper ökar växternas förmåga att ansamlas föroreningspartiklar. Utöver detta visar forskning att placering av vegetationen också påverkar luftreningseffektiviteten och att för tät vegetation kan komma att ha en negativ effekt på föroreningskoncentrationen. Här rekommenderar de framtagna principerna placering nära föroreningskällan utan att placeringen förhindrar luftflöden och användning av växter i olika höjdnivå för att fånga upp så mycket föroreningar som möjligt.

Abstract

Urbanization is increasing globally and one of the most severe consequences is the deterioration of our air quality. Polluted air has a proved link to many serious health issues and is the cause of every ninth death. However, research is pointing towards urban plants and vegetation being part of the solution. Although there is still a lack of studies surrounding how to implement this knowledge in practice. The aim of this study is to investigate if, through a literature review and design, if it is possible to have a positive impact on ambient air pollution within the extents of a residential block without the block losing any of its necessary functions. Which functions that can be considered necessary can be subjective, but this study includes the majority of these functions. Further, the results show that there are some general principles/guidelines that can be applied in different projects when choosing plant species to use. The principles recommend primarily using conifers or plants with pubescent, waxy or rough leaves and a complex leaf structure or large leaf volume since these traits are linked to improved accumulation of pollutants. Beyond this research also suggests that placement also effects the pollution removal efficiency. Plantings that are too compact will hinder airflow and hence have a negative impact on air quality. To counteract this the principles suggest planting close to the pollution source without hindering airflow and using plants with differing heights to ensure maximum pollution removal.

Innehåll

1. Introduktion.....	5
1.1 Syfte.....	7
1.2 Frågeställning	7
1.3 Begreppsförklaring.....	7
2. Metod	8
2.1 Litteraturoversikt	8
2.2 Metod för växtval.....	9
2.3 Gestaltning av programplaner.....	9
2.4 Beräkningar.....	10
2.5 Avgränsningar.....	11
3. Litteraturoversikt.....	12
3.1 Vegetation och urbana luftföroreningar.....	13
3.2 En funktionell bostadsgård.....	18
4. Resultat	22
4.1 Funktioner på en bostadsgård	22
4.2 Principer för att gestalta en utemiljö som kan rena luft.....	23
4.3 Växtval	24
4.4 Programplaner	24
4.5 Beräkningar.....	27
4.6 Tolkning av resultat.....	27
5. Diskussion	28
5.1 Metoddiskussion	28
5.2 Resultaten i relation till andra källor.....	31
5.3 Slutsats	33

“Air pollution causes 1 in 9 deaths. It is the most important environmental health risk of our time.”

- United Nations Environment 2019

1. Introduktion

Urbanisering ökar globalt vilket gör våra städer tätare och trängre och världen över jobbar forskare för att hitta en lösning på hur städerna ska klara kommande klimatpåfrestningar (Patel & Burke 2009). En av de allvarligaste konsekvenserna av denna förtätning är försämring av luftkvaliteten vilket enligt forskning har en direkt och mycket allvarlig inverkan på människors hälsa (Pope, Bates & Raizenne 1995). I dagens läge dör cirka 3 000 000 människor årligen världen över på grund av förorenad luft (World Health Organization 2019). De vanligaste hälsorelaterade problemen hos befolkning som lever med förorenad luft inkluderar bland annat: astma och andra andningssjukdomar och ökade risker för hjärt- och kärlsjukdomar (Pope, Bates & Raizenne 1995). År 2013 kostade dödsfall orsakade av luftföroreningar den globala ekonomin 225 miljarder dollar (The World Bank 2016).

En av de stora källorna till luftföroreningar i städer är biltrafiken (Speak, Rothwell, Lindley & Smith 2012). Bland annat kommer föroreningar från bränsleförbränning men även från bilbromsar och slitage på vägar (Speak *et al.* 2012). Partiklar i storleksordningen 10 µm och mindre, som frigörs från bromsklossar och vägslitage, kan tränga in i människors lungor där de frigör fria radikaler vilket i sin tur kan leda till inflammerade celler och så småningom celldöd (Pope, Bates & Raizenne 1995; Speak *et al.* 2012).

Problemet förekommer även i Sverige då flera svenska kommuner överskred miljökvalitetsnormerna för luftkvalitet år 2017 enligt Naturvårdsverket (2019a). Målen överskreds bland annat i Stockholms stad på Hornsgatan och på Lilla Essingen (Naturvårdsverket 2019b). I en rapport från Miljöförvaltningen i Stockholm (2018) jämförs mätresultat av luftföroreningar med miljökvalitetsmål och miljökvalitetsnormer. Rapporten visar att medelvärde för PM₁₀-koncentrationen per dygn på Hornsgatan 2017 uppmättes till 22 µg m⁻³ och överskred därmed inte Miljökvalitetsnormerna inom EU som är 40 µgm⁻³. Längre fram visar dock rapporten att mätningar på Hornsgatan överskred Miljökvalitetsmålen för PM₁₀ både på både årsmedelvärde och dygnsmedelvärde. Rapporten från Miljöförvaltningen i Stockholm (2018) poängterar att trots stora förbättringar av luftkvaliteten i Stockholm krävs fortfarande åtgärder för att uppnå uppsatta mål. Vidare lyfter rapporten forskningsresultat som visar att hälsoproblem kan uppstå redan vid mycket låga partikelhalter. Halter långt under dagens miljökvalitetsnormer (Miljöförvaltningen i Stockholm 2018).

Enligt studier av Rowe (2011) och Vijayaraghavan (2016) kan en del av lösningen på luftkvaliteten komma från urban grönstruktur. Dessa rapporter visar att vegetation i urban miljö kan minska bland annat dagvattenavrinning, ljudföroreningar, luftföroreningar och hjälpa till med vattenrening. Dessutom kan urban grönska främja fysisk och psykisk hälsa och i allmänhet höja den sociala hållbarheten i en stad (Millennium Ecosystem Assessment 2005) och bidra med att minska den urbana värmeeffekten (Vijayaraghavan 2016). Den urbana värmeeffekten är enligt Stockholms stad (2019) ett fenomen som uppstår i stadsmiljöer där mänsklig aktivitet tillsammans med de material som utgör stadens bebyggelse och infrastruktur bidrar till att relativt sin omgivning öka temperaturen. En studie, framtagen av Irga, Burchett och Torpy (2015), påstår bevisa att områden med proportionellt högre andel urbana skogspartier har en märkbar reducerande effekt på omgivande partikelkoncentrationer.

I en växande stad ökar belastningen på den befintliga grönstrukturen och enligt Litschke och Kuttler (2008) krävs stora arealer skog för att enbart kompensera för de utsläpp som genereras av en större väg. Malano, Maheshwari, Singh, Purohit och Amerasinghe (2014) påstår att det skulle vara förmånligt om en stad internt kunde hantera föroreningar som genereras inom stadens gränser eftersom den då inte skulle behöva förlita sig till externa grönområden. Sådana externa grönområden kan till exempel behöva användas för att försörja staden med material, mat eller energiproduktion (ibid.).

Många studier utförs i dagsläget med målet att undersöka specifikt hur växter kan användas för, och vilka växter som är bäst på, att minska luftföroreningar (ex. (Sehmel 1980; Beckett, Freer-Smith & Taylor 1998; Freer-Smith, Beckett & Taylor 2005), men det saknas fortfarande forskning på hur denna kunskap kan implementeras i praktiken. Inom ämnet kvarstår alltså en kunskapslucka om vilka ytor i en stad som skulle kunna användas och utvecklas ur luftreningssynpunkt och hur mer vegetation kan få plats i städer bland befintlig infrastruktur, utan att grönytor utkonkurrerar människan. Bostadsgårdar och hustak är befintliga ytor i städer som kan ha potential, ur luftreningssynpunkt, att utvecklas vilket detta kandidatarbete kommer ägnas åt att undersöka.

1.1 Syfte

Syftet är att undersöka om ett bostadskvarter skulle kunna gestaltas för att bidra med en positiv inverkan på luftföroreningar.

1.2 Frågeställning

Vilka generella principer/riktlinjer kan användas vid gestaltning av ett funktionellt bostadskvarter med växters luftreningsförmåga som utgångspunkt, och hur skulle en sådan gestaltning kunna se ut?

Med ett funktionellt bostadskvarter avser denna uppsats ett bostadskvarter som tillgodoser de funktioner som presenteras i avsnitt 3.2.

1.3 Begreppsförklaring

Nedan presenteras några av de begrepp som används i denna uppsats. Detta för att definiera dessa och tydliggöra hur begreppen används i uppsatsen.

Design

“Design är en arbetsprocess för att utveckla lösningar på ett medvetet och innovativt sätt där både funktionella och estetiska krav ingår med utgångspunkt från brukarens behov. Design tillämpas för utveckling av varor, tjänster, processer, budskap och miljöer.”

(Stiftelsen Svensk Industridesign)

Bruttoarea (BTA)

Bruttoarea, som förkortas BTA definieras enligt Boverket (2018) som den sammanlagda ytan av alla våningsplan. Enligt Boverket är det lämpligt att använda bruttoarea för att beskriva area i till exempel flerbostadshus. I denna uppsats används bruttoarea enligt denna definition.

Inhemska arter/växter

Vilka arter som är inhemska är en definitionsfråga eftersom de flesta arter är invandrade till Sverige vid ett eller annat tillfälle menar Wissman¹. Vidare förklarar Wissman att invandrade arter betyder att de evolverat någon annanstans och sedan spridit sig, spontant eller med människans hjälp till Sverige. För att definiera vad som är en inhemsk art bestäms oftast ett årtal på införande eller första fynduppgift men detta årtal varierar (ibid.).

PM_x

Används för att beskriva luftförorenande partiklar. Ofta med en diameter mindre än 10 µm och mäts i µgm⁻³ luft. Detta värde representerar majoriteten av de luftburna partiklarna (Beckett, Freer-Smith & Taylor 1998).

¹ Jörgen Wissman, Forskare vid Centrum för biologisk mångfald, SLU, 2019-04-24

2. Metod

Efter överväganden beslutades det att en kombination av ett antal metoder skulle användas för att bäst undersöka frågeställningen. Dessa metoder inkluderar två litteraturöversikter för att sammanställa ämnesrelevant forskning och data. Befintlig forskning och litteratur användes sedan för att göra ett informerat växtval. Därefter valdes designprocessen, som är en inom landskapsarkitektyrket vedertagen process (Felson *et al.* 2013), i kombination med litteraturöversikt som metod för att ta fram ett programplansförslag. Slutligen utfördes beräkningar baserade på befintliga data, eftersom det ansågs att kvantitativa metoder kunde komplettera den annars kvalitativa undersökningen.

2.1 Litteraturöversikt

En litteraturöversikt utfördes med avsikt att samla fakta och data kring bostadsgårdars funktioner och växters förmåga att rena luft. Metoden valdes för att den enligt Reinecker & Jørgensen (2014) ger arbetet en grund att baseras på och för att den bringar en bredare förståelse för ämnet och vad som skrivits om det fram tills nu. Litteraturöversikten kommer till största del bestå av vetenskapligt granskade artiklar men facklitteratur och fakta från myndigheter och fristående överstatliga organisationer (ex. World Health Organisation och Världsbanken) kommer även få ligga till grund för fakta och data.

Växters förmåga att rena luft

Vid framtagande av fakta och data om växters förmåga att rena luft utfördes en litteraturöversikt med hjälp av databaserna Web of Science och Sveriges lantbruksuniversitets biblioteks söktjänst Primo. Specifikt användes här metoden kedjesökning, vilket innebär att när en ämnesrelevant artikel hittats användes källorna från denna artikel för att hitta vidare relevant information (Reinecker & Jørgensen 2014). Enligt Reinecker och Jørgensen (2014) är nackdelen med denna typ av informationssökning att motsatta argument och åsikter kan missas då artiklar ofta refererar till andra likasinnade källor. Artiklar som behandlade andra föroreningar än luftföroreningar, eller arter som inte klassas som inhemska valdes bort från insamlingen. Exempel på sökord som använts i Primo och Web of Science är: "Air pollution" "abatement/mitigation" "urban/city" "vegetation/tree/plant" "Deposition velocity" "PM10".

Bostadsgårdens funktioner

För att ta fram vilka funktioner som den gestaltade bostadsgården borde innefatta, utfördes ytterligare en litteraturöversikt. För att hitta böcker och andra tryckta källor, till exempel artiklar och rapporter, som behandlar utformning och användning av bostadsnära utemiljö, genomfördes sökningar i databaserna Uppsök och Primo. Här användes sökorden "Bostadsgård" och "Funktion". Källornas ämnesrelevans bedömdes i första hand på rubrik och sammanfattning och källor som utifrån detta inte ansågs vara av betydelse valdes bort. Databasen Uppsök innehåller examensarbeten (Kungliga biblioteket 2019) och träffarna i denna sökning användes sedan för en kedjesökning enligt Reinecker och Jørgensen

(2014). Detta innebar i praktiken att en källa ledde till en annan. Databasen Primo användes för att få tillgång till böcker som hittats genom beskriven kedjesökning. Primo är biblioteket på Sveriges lantbruksuniversitet söktjänst och innehåller bland annat böcker, vetenskapliga artiklar och tidskrifter (Sveriges lantbruksuniversitet 2019). Funktionerna som hittades genom denna litteraturöversikt sammanställdes sedan i en tabell (se tabell 5 i avsnitt 4.1) och användes därefter som underlag till gestaltningen av programplanerna, vilka presenteras i avsnitt 4.4.

2.2 Metod för växtval

Växtval till gestaltningen baserades på den utförda litteraturöversikten i kapitel 3. Växter valdes utifrån vilka kvaliteter hos växter som främjar luftrening, denna fakta presenteras i avsnitt 3.1 samt växtzon och ståndort (se tabell 3). Växtvalen redovisades sedan i en tabell (se tabell 6).

2.3 Gestaltning av programplaner

I denna uppsats valdes design som en metod för att undersöka frågeställningen. Detta gjordes på grund av att design ofta används av landskapsarkitekter för att lösa problem (Rowe 1991).

Gestaltningen utgick från insamlad bakgrundsfakta om växters förmåga att rena luft (se avsnitt 4.2) och riktlinjer kring vilka funktioner som enligt litteratur bör finnas inom ett bostadskvarter (se avsnitt 4.1). Detta tillvägagångssätt, att implementera fakta i gestaltning, valdes på grund av att den länge varit förankrat inom landskapsarkitektur (Spirn 1985; Johnson & Hill 2013; Sustainable SITES Initiative 2019). Felson *et al.* (2013) menar även att forskning som implementeras i en design kan resultera i att designen blir mer hållbar.

Ett underlag för gestaltningen togs fram med hjälp av de avgränsningarna som gjorts angående bostadskvarteret (se *Bostadskvarteret* i avsnitt 2.5). Bostadshusens placering inom kvarteret baserades på hur luftflöden påverkar luftföroreningskoncentrationer och framtagna information om planutformning av ett funktionellt bostadskvarter (se kapitel 3). Bostadshuset placerades även på ett sådant sätt att kvarteret skulle kunna erbjuda både soliga och skuggiga platser för både människor och växter. För ta fram programplanerna utfördes initialt ett skissarbete för hand som sedan vidarearbetades och färdigställdes i programvaran Adobe Illustrator.

Gestaltningen resulterade i två programplaner som redovisar växtgestaltning och funktionsindelning (se avsnitt 4.4). Det gjordes två programplaner för att så tydligt som möjligt redovisa materialet som undersöker frågeställningarna.

Under detta arbete valdes gestaltning som en metod för att undersöka och presentera resultatet eftersom detta enligt Sveriges Arkitekter (2015) är ett vanligt tillvägagångssätt för landskapsarkitekter att kommunicera sina yrkesfärdigheter och på så vis påverka att utemiljön vi lever i och säkerställa att den utvecklas på ett hållbart sätt.

2.4 Beräkningar

I detta avsnitt presenteras formler och tillvägagångssätt för de beräkningar som utförts för att undersöka hur mycket växterna inom det framtagna förslaget på ett bostadskvarter kan minska luftföroreningar. Alla formler som använts i denna uppsats redovisas i figur 1 nedan.

$$(1) F = V \times C$$

$$(2) A_t = LAI \times A_v$$

$$(3) m_d = V \times C \times A_t \Rightarrow m_d = F \times A_t$$

$$(4) m_{tot} = C \times h \times A_{stad}$$

$$(5) \text{andelen ansamlade partiklar i \%} = \frac{m_{tot}}{m_d}$$

$$F = \text{flux i g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

$$V = \text{depositionshastighet i cm s}^{-1}$$

$$C = \text{koncentrationen av luftföroreningar i g cm}^{-3}$$

$$A_t = \text{total lövarean i m}^2$$

$$A_v = \text{vegetationsyta/yta som är täckt av växten i m}^2$$

$$A_{stad} = \text{Arean av Stockholms innerstad i m}^2$$

$$m_d = \text{depositionsmassflöde i g s}^{-1}$$

$$m_{tot} = \text{massan luftföroreningar i g}$$

Figur 1 visar alla formler som används i denna uppsats, vad olika betäckningarna står för och i vilken enhet dessa beräknas.

Flödet (flux) av partiklar som ansamlas på växter beräknades med hjälp av formel 1 enligt Nowak, Hirabayashi, Bodine och Hoehn (2013). Värden på depositionshastighet hämtades från tidigare studier och hittas sammanställda med ursprungskälla och insamlingsmetod i en tabell (se tabell 2). I rapporterna där data är inhämtad ifrån används två olika värden för depositionshastighet (V_g och V_d) (Sehmel 1980; Beckett, Freer-Smith & Taylor. 2000; Marques, Gravenhorst & Ibrom 2001; Ould-Dada 2002; Freer-Smith, Beckett & Taylor 2005; Mitchell, Maher & Kinnersley 2010; Räsänen *et al.* 2013). I tabell 2 visas därför även vilken typ av depositionshastighet som använts och i vilken enhet den var angiven. I studien av Nowak *et al.* (2013) används dessa två värden på depositionshastighet (V_d & V_g) som motsvariga vilket även gjorts i denna uppsats vid beräkning av flux (F) enligt formel 1.

Baserat på metoden i Zhao, Hu, Li, Wang & Ai (2018) användes vid beräkningar i vissa fall ersättningsvärden när värden på en specifik art inte hittades. I dessa fall användes antingen ett värde för släktet eller ett värde för en art med likande karaktärsdrag (Zhao *et al.* 2018). Detta redovisades även i tabell 2.

Med formel 3 enligt Litschke och Kuttler (2008) användes beräknat flöde (F) för att sedan beräkna det totala depositionsmassflödet (m_d) av samtlig vegetation inom bostadskvarteret. Den totala lövarean (A_t) beräknades med formel 2 enligt Litschke och Kuttler (2008) med lövareaindex (LAI) enligt tabell 4 och den yta som är täckt av växten (A_v). För A_v för perenner och buskage mättes arean i plan. För A_v för träd beräknades kronarean med hjälp av ett medelvärde på kronbredd (se figur 2) multiplicerat med antalet av just den arten. Depositionsmassflödet räknades ut för

att visa hur stor massa luftföroreningspartiklar vegetationen på bostadsgården kan ansamla per tidsenhet.

Sedan beräknades den totala massan av luftföroreningar (m_{tot}) genom formel 4 från Litschke och Kuttler (2008). I denna formel multipliceras koncentrationen av luftföroreningar (C) med arean av Stockholms innerstad (A_{stad}) och en höjd. Höjden används enligt Litschke och Kuttler (2008) för att beräkna volymen av de luftrum som vegetationen kan påverka. I detta fall bestämdes höjden till 30m, eftersom det är den högsta höjden som den valda vegetationen kan uppnå (se figur 2).

För att till sist få en indikation på den faktiska förbättringen av luftkvaliteten beräknades andelen ansamlade partiklar (m_m) i relation till den totala mängden partiklar i luften (m_{tot}) enligt formel 5 från Litschke och Kuttler (2008).

2.5 Avgränsningar

I denna uppsats har ett flertal avgränsningar gjorts för att arbetet ska kunna utföras inom utsatt tidsram och för att sätta upp förutsättningar för hur frågeställningen ska kunna undersökas. Nedan förklaras de olika avgränsningarna närmare.

Geografisk avgränsning

Uppsatsen avgränsades geografiskt till Stockholm för att kunna användas som utgångspunkt vid beslut om växtval, ramar för gestaltningen och beräkningarna i denna uppsats. Växtvalen i denna uppsats utfördes för att passa Stockholms växtzon som enligt i nuläget är växtzon II. Mätningar på luftföroreningskoncentrationen i Stockholm användes även som underlag till beräkningarna i denna uppsats. Den geografiska avgränsningen gav även mått och areor som användes vid gestaltningen och beräkningarna. Stockholms innerstads area är uppmätt till 3577 ha (Stockholms Stad 2010).

Inhemskas arter

I denna uppsats, för att främja de svenska ekosystemen och bevara biologisk mångfald (Naturvårdsverket 2017; Artdatabanken Sveriges lantbruksuniversitet 2018) valdes enbart arter som hittas naturligt växande i Sverige, så kallade inhemska arter. Detta gjordes på grund av att Länsstyrelsen i Stockholm (2019) beskriver invasiva främmande arter som ett av de absolut största hoten mot biologisk mångfald. På grund av problematiken angående hur art definieras som inhemsk eller inte sattes i denna uppsats året 1800 som gräns för upptäckt/införande till Sverige vilket enligt Wissman² är en definition av vilka växter som är inhemska. För att ta reda på när en art upptäcktes/infördes till Sverige används *Den virtuella floran* (Naturhistoriska riksmuseet 2017).

Bostadskvarter

Kandidatarbetet ägnades åt att ta fram ett exempel på en gestaltning av ett bostadskvarter med kvarteret *Mullvaden Första* på Hornsgatan i Stockholm som inspiration. Detta inspirationskvarter valdes då det ligger på en av de platser i Stockholm som inte uppnått miljö kvalitetsnormerna för luftkvalitet (Naturvårdsverket 2019b). Genom att använda ett inspirationskvarter kunde

² Jörgen Wissman, Forskare vid Centrum för biologisk mångfald, SLU, 2019-04-24

nödvändiga riktlinjer för gestaltningen tas fram. Detta gjordes genom att inspirationskvarterets yttermått och bostadshusens mått mättes i ett kartunderlaget från Lantmäteriet (2019). Genom att sedan räkna bostadshusens våningsplan med hjälp av Google street view (Google 2019) kunde bruttoarea (BTA) räknas ut. Denna avgränsning gjordes för att bostadskvarteret skulle kunna utformas för att rymmas inom samma mått som inspirationskvarteret och kunna tillgodose lika mycket boendemöjligheter som inspirationskvarteret. Dessa mått och riktlinjer användes sedan som ett underlag som användes för gestaltningen.

Kvartersarea för inspirationskvarteret: 8710 m²

BTA för inspirationskvarteret: 27 575 m²

Tidsram för projektet

Eftersom arbetet utfördes inom ramarna av ett kandidatarbete (10 veckor) begränsades möjligheterna av vad som kunde produceras. Av denna anledning avslutades gestaltungsprocessen vid en programplan. Programplan är ett steg i designprocessen som författarna av denna uppsats fått lära sig under sin utbildning på Landskapsarkitektutbildningen i Uppsala. En programplan ska redovisa *hur* de givna designproblemet ska lösas, inte redovisa specifik gestaltning, detaljer eller den formmässiga lösningen (Institutionen för stad och land Landskapsarkitektur 2017). Baserat på detta visar programplanerna i denna uppsats de funktioner som ska ingå i gestaltningen och växtmaterialet som används i gestaltningen. Till följd av tidsramen begränsades även insamling av litteratur till en mängd som var möjlig läsa och tillämpa utifrån den utsatta tiden (Reinecker & Jørgensen 2014 ss. 132-133)

Tematisk avgränsning

Rapporten avgränsades tematiskt till att omfatta växters förmåga att påverka koncentrationen av luftföroreningar genom torrdeposition och placering i förhållande till föroreningskällan och hur denna information kan presenteras och användas i en gestaltungsprocess.

3. Litteraturöversikt

I detta kapitel presenteras den information funnen i de två litteraturöversikterna. Detta inkluderar fakta kring växter och hur deras egenskaper bidrar till att rena luft och data kring hur stor inverkan olika arter har på olika luftföroreningar. Därefter följer informationen som ligger till grund för gestaltningen, detta inkluderar vilka funktioner som enligt kunniga bör finnas på en väl fungerande/utrustad bostadsgård.

3.1 Vegetation och urbana luftföroreningar

I detta avsnitt presenteras och sammanfattas fakta om hur vegetation kan minska luftföroreningar insamlad via en litteraturoversikt (se avsnitt 2.1). Denna fakta ligger till grund för den gestaltning och de beräkningar som utförts i detta arbete.

Växters förmåga att minska luftföroreningar

Det finns flera egenskaper hos växter som avgör om de är mer eller mindre bra på att rena luft. Ett flertal rapporter undersöker dessa egenskaper med målet att finna vilka arter som kan göra störst skillnad på luftkvaliteten (Beckett, Freer-Smith & Taylor 2000; Freer-Smith, Beckett & Taylor 2005; Marques, Gravenhorst & Ibrom 2001; Mitchell, Maher & Kinnersley 2010; Ould-Dada 2002; Räsänen *et al.* 2013; Schmel 1980).

En aspekt som undersöks i ett flertal rapporter är torrdeposition (Beckett, Freer-Smith & Taylor 2000; Freer-Smith, Beckett & Taylor 2005; Petersson 2008). Med det menas att partiklar som flyger fritt i luften fastnar och ansamlas på bladen och barken av en växt (Hicks, Matt, & McMillen 1989).

Enligt ett antal rapporter har barrträd den största förmågan att ackumulera partiklar genom torrdeposition (Beckett, Freer-Smith & Taylor 2000; Freer-Smith, Beckett & Taylor 2005; Petersson 2008). Detta beror bland annat på barrrens klubbighet, artens relativt stora bladvolym och dess komplexa bladstruktur (ibid). Mo *et al.* (2015) menar också att en grövre bladstruktur eller behåring på blad gör att förmågan att ansamla luftföroreningspartiklar ökar. Mitchell, Maher & Kinnersley (2010) stödjer detta påstående och menar att bladstrukturen är den ledande faktorn som bestämmer depositions hastigheten och att behåring på bladen leder till de högsta värdena. Nadgórska-Socha *et al.* (2017) konstaterar dessutom att olika trädarter är olika bra på att ackumulera luftburna metaller. I denna studie jämför Nadgórska-Socha *et al.* (2017) fyra trädarter som förekommer i Europa och fann att *Betula pendula* är den art som hade högst förmåga att ackumulera luftburna metaller.

De partiklar som ansamlas på ytan av växter kommer enligt Petersson (2008) att följa med nederbörd ner till marken. Petersson förklarar att nederbörd som filtrerats genom en trädkrona kallas krondropp och att krondropp för med sig torrdeponerade partiklar från vegetationen till marken. Till följd av detta menar Petersson (2008) att trots att föroreningarna i luften minskar via torrdeposition kan istället marken under trädet förorenas av krondroppet. Vidare lyfter även rapporten att barrträd har en större absorberande yta jämfört med lövträd, detta gäller framförallt på vintern då de flesta lövträd faller sina blad, barrträd ansamlar alltså en större mängd torrdeponerade partiklar i kronan hela året om. En konsekvens av detta menar Petersson (2008) är att krondroppet från barrträd kan vara mer förorenat än krondroppet från ett lövträd. En rapport av McDonald *et al.* (2007) säger att vissa föroreningsämnen som följer med vattnet från träden inte kan hanteras fullständigt av systemet utan att de istället ackumuleras i marken under träden vilket kan visa sig vara ett problem för framtida markanvändning.

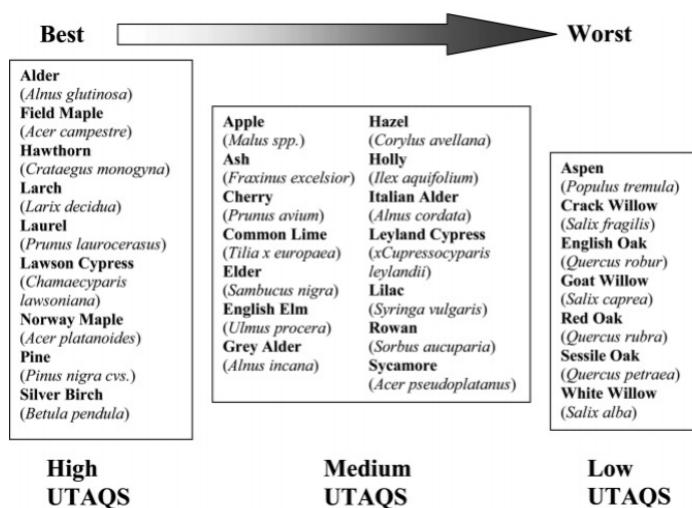
De flesta studier som behandlar hur växtlighet kan minska luftföroreningar undersöker träd (Beckett, Freer-Smith & Taylor 1998; 2000; Freer-Smith, Beckett & Taylor 2005; McDonald *et al.* 2007) men en studie utförd av Mitchell och Maher (2009) visar att koncentrationen av luftburna partiklar i storleksordningen PM₁₀ är 100% högre 30 cm från marken än vad den är 150 cm från marken, vilket innebär

att lägre vegetation och vegetation som står i direkt anslutning till föroreningskällan kan visa sig ha en betydande inverkan på luftkvaliteten. Berörande detta utförde Speak *et al.* (2012) en studie som undersöker vilken effekt andra växter än träd kan ha på luftföroreningar. Studien visade att gräsarter är mer effektiva på att rena luft från föroreningspartiklar än sedum. Dessa typer av växter skulle kunna användas som undervegetation och enligt studien av Speak *et al.* (2012) var gräsarterna rödsvingel och krypven de mest effektiva på att ansamla luftföroreningspartiklar. I motsats till detta nämner Freer-Smith, Beckett och Taylor (2005) i en studie att partiklar i storleksordningen 10 µm och mindre kan färdas mycket långt från föroreningskällan vilket medför att vegetation kan påverka luftkvaliteten även längre från källan. Vidare studier av Jin, Guo, Wheeler, Kan och Che (2014) och Vos, Maiheu, Vankerkom och Janssen (2013) hävdar att en förutsättning för att minska koncentrationen av luftburna partiklar helt enkelt är spridning och att tät vegetation som står planterad i direkt anslutning till föroreningskällan kan ha en negativ inverkan på detta. Författarna menar att tät vegetation hindrar luftströmmar vilket gör att luften stagnerar och föroreningskoncentrationen ökar lokalt. I rapporterna beskrivs dock också att detta enbart är ett problem på lokal nivå men att vegetation i närhet till föroreningskällan kommer ha en positiv inverkan på luftföroreningar sett till stadens helhet. I ytterligare en studie av McDonald *et al.* (2007) studeras hur vegetationens placering samt val av art har betydelse för luftreningseffektiviteten. McDonald *et al.* (2007) menar att solitära träd kommer ha en större inverkan på partikelkoncentrationen än skog och att vissa arter istället för att minska, kan bidra till luftföroreningen.

Urbana träd och luftkvalitet

I en studie tog Donovan et al. (2005) fram ett poängssystem kallat Urban tree air quality score, UTAQS för att rangordna olika trädarter förmåga att rena luften från föroreningsämnen. I studien jämfördes de 30 vanligaste trädarterna i centrala Storbritannien och den tog även hänsyn till att vissa trädarter kan bidra till sekundär luftförorening (Donovan et al., 2005). Sekundära luftföroreningar menar Naranjo (2011) syftar till att vissa trädarter vid andning även kan släppa ut föroreningar, så kallade VOCs (volatile organic compounds). Vidare påstår Naranjo (2011) att dessa föroreningar kan reagera med andra ämnen i luften och bli skadliga och/eller bidra till växthuseffekten. I tabell 1 nedan redovisas resultatet från studien av Donovan et al. (2005). Tabellen visar hur Donovan et al. (2005) klassar de undersökta arternas förmåga att rena luft baserat på graderingssystemet Urban tree air quality score.

Tabell 1 sammanfattar hur bra olika växter är på att rena luft baserat på Urban tree air quality score (Donovan et al., 2005)



Olika växters depositionshastighet

I tabellen nedan har depositionshastigheten för växterna som används i denna uppsats sammanställts utifrån experiment utförda av forskare som undersökt depositionshastighet. Dessa depositionshastigheter används senare i denna uppsats för att beräkna hur mycket växterna som utgör gestaltningen i denna uppsats kan minskas luftföroreningar genom torrdeposition.

Tabell 2 visar depositionshastigheter som senare används för att göra beräkningar av hur mycket luftföroreningar växterna i gestaltningen i denna uppsats man minska.

Art	V _g (cm/s)	V _d (cm/s)	PM _x (μm)	U (m/s)	Författare	Kommentar
Acer campestre (Värden kommer även användas för Acer platanoides)	0,03	-	-	1	(Beckett <i>et al.</i> , 2000)	Experiment utfört i vindtunnel.
	0,08	-	-	3		
	0,46	-	-	8		
	0,57	-	-	10		
	2,7	-	PM ₁₀	-	(Freer-Smith <i>et al.</i> , 2005)	Mätningar gjorda i fält på två platser. Data redovisad här är medelvärde.
	5,87	-	PM ₂	-		
	21,66	-	PM ₁	-		
	-	1,9	-	-	(Mitchell <i>et al.</i> , 2010)	Värdena tagna med leaf magnetic properties.
Artemisia sp. (Värdet kommer användas som substitut för Lonicera sp.)	-	3,4	PM ₅	-	(Sehmel, 1980)	
Betula pendula	-	4,6	-	-	(Mitchell <i>et al.</i> , 2010)	
	0,13	-	PM _{2,5}	3	(Räsänen <i>et al.</i> , 2013)	Experimentet utgår från en totalarea. Värde specifikt för ozon.
Juniperus sp.	-	2,0	O ₃	-	(Sehmel, 1980)	
Picea abies (Värden kommer även användas för Picea abies 'Nidiformis')	0,5	-	PM _{0,1-2}	4,85	(Ould-Dada, 2002)	Experiment utfört i vindtunnel med fokus på radioaktiva partiklar. Data är ett medelvärde.
	1,4	-	-	-	(Marques <i>et al.</i> , 2001)	
Pinus sylvestris	0,65	-	PM _{2,5}	3	(Räsänen <i>et al.</i> , 2013)	
	3,72	-	PM ₁₀		(Freer-Smith <i>et al.</i> , 2005)	
	3,92	-	PM ₂			
	33,06	-	PM ₁			
Sambucus nigra (Värdet kommer användas som substitut för Crataegus sp. och Corylus sp.)	-	0,8	-	-	(Mitchell <i>et al.</i> , 2010)	
Sorbus intermedia	0,04	-	-	1	(Beckett <i>et al.</i> , 2000)	
	0,39	-	-	3		
	1,82	-	-	8		
	2,11	-	-	10		
Poaceae familjen (Värdet kommer användas för samtliga perenner)	-	0,8 cm/s	PM ₁₋₁₀	6	(Sehmel, 1980)	Värde för en friväxande gräsyta.

Växters krav

Tabellen nedan visar ståndort och habitus för växterna som används i denna uppsats. Växtzon presenteras eftersom rapporten avgränsar sig geografiskt till Stockholm och därmed till växtzon II som enligt Riksförbundet Svensk Trädgård (2019) gäller i Stockholm. (Drott *et al.* 2015) (Elg *et al.* 2014) (Blomsterlandet 2019)

Tabell 3 visar habitus och ståndort för växterna som används i denna uppsats.

Växttyp	Art	Ståndort	Växtzon	Habitus	Källa
Träd	Acer camperstre	Sol till helskugga	I-IV	h: 8-15 m b: 5-10 m	(Drott <i>et al.</i> , 2015)
	Acer platanoides	Sol till helskugga	I-V	h: 15-25 m b: 6-12 m	(Drott <i>et al.</i> , 2015)
	Betula pendula	Sol till halvskugga	I-V	h: 13-30 m b: 3-8 m	(Drott <i>et al.</i> , 2015)
	Crataegus monogyna	Sol till halvskugga	I-V	h: 4-6 m b: 4-8 m	(Drott <i>et al.</i> , 2015)
	Picea abies	Sol till helskugga	I-VII	h: 25-30 m b: 8-12 m	(Drott <i>et al.</i> , 2015)
	Picea abies 'Nidiformis'	Sol till helskugga	I-VI	h: <0,5 m b: 1,2-1,5 m	(Drott <i>et al.</i> , 2015)
	Pinus sylvestris	Sol till halvskugga	I-VII	h: 25-30 m b: 5-10 m	(Drott <i>et al.</i> , 2015)
	Sorbus intermedia	Sol till halvskugga	I-V	h: 9-15 m b: 10-15 m	(Drott <i>et al.</i> , 2015)
	Corylus avellana	Sol till helskugga	I-V	h: 3-7 m b: 3-7 m	(Drott <i>et al.</i> , 2015)
	Juniperus communis 'Repanda'	Sol till halvskugga	I-V	h: <0,3 m b: 1 m	(Drott <i>et al.</i> , 2015)
	Juniperus communis 'Vemboö'	Sol till halvskugga	I-V	h: 3-5 m b: 0,5-0,8 m	(Drott <i>et al.</i> , 2015)
	Lonicera caerulea var. kamschatica	Sol till helskugga	I-VI	h: 0,6 m b: 0,6 m	(Drott <i>et al.</i> , 2015)
Buskar	Spridningssätt				
	Calamagrostis x acutiflora	Sol till halvskugga	tuvbildande	h: 120-150 cm	(Elg <i>et al.</i> , 2014)
	Deschampsia cespitosa	Sol	tuvbildande	h: 40-60 cm	(Blomsterlandet, 2019)
	Geranium phaeum	Sol till helskugga	Överjordiska utlöpare	h: 50-75cm	(Blomsterlandet, 2019)
	Luzula pilosa	Sol till helskugga	tuvbildande	h: 20-50 cm	(Blomsterlandet, 2019)
	Molinia caerulea	Sol till halvskugga	tuvbildande	h: 60-70 cm	(Elg <i>et al.</i> , 2014)
	Pulmonaria angustifolia	Halvskugga till skugga	Underjordiska utlöpare	h: 30-40 cm	(Elg <i>et al.</i> , 2014)
Perenner	Spridningssätt				
	Calamagrostis x acutiflora	Sol till halvskugga	tuvbildande	h: 120-150 cm	(Elg <i>et al.</i> , 2014)
	Deschampsia cespitosa	Sol	tuvbildande	h: 40-60 cm	(Blomsterlandet, 2019)
	Geranium phaeum	Sol till helskugga	Överjordiska utlöpare	h: 50-75cm	(Blomsterlandet, 2019)
	Luzula pilosa	Sol till helskugga	tuvbildande	h: 20-50 cm	(Blomsterlandet, 2019)
	Molinia caerulea	Sol till halvskugga	tuvbildande	h: 60-70 cm	(Elg <i>et al.</i> , 2014)
	Pulmonaria angustifolia	Halvskugga till skugga	Underjordiska utlöpare	h: 30-40 cm	(Elg <i>et al.</i> , 2014)

Lövareaindex

Tabellen nedan visar lövareaindex (LAI) som är hämtat från Iio och Ito (2014) undantaget är markerat med en asterisk där data är hämtat från en rapport av Ramírez-García, Almendros & Quemada (2012) Lövareaindex är ett mått på den sammanlagda lövarean av en lövsida per markyta, måttet är artspecifikt (Bréda 2008). Studierna som tagit fram värdena är utförda under olika förutsättningar därför kommenteras även hur värdet är sammanställt.

*Tabell 2 visar lövareaindex från Iio och Ito (2014) och en kommentar om hur värdet framtaget. Dessa värden används senare för att beräkna hur mycket luftföroreningar växterna som utgör gestaltningen i denna uppsats kan minska. *Värdet hämtat från källa (Ramírez-García, Almendros & Quemada 2012).*

Art	Leaf area index (LAI) m ² /m ²	Kommentar
Acer campestre	5,99	Taget från värde på släktet Acer
Acer platanoides	5,99	Taget från värde på släktet Acer
Betula pendula	3,22	Medelvärde från 34 mätningar
Corylus avellana	3,86	Värde på flera arter inkluderande hassel
Crataegus monogyna	3,86	Värde från blandad lövskog
Picea abies	6,11	Medelvärde från 126 mätningar
Pinus sylvestris	3,83	Medelvärde från 106 mätningar
Sorbus intermedia	3,86	Värde från blandad lövskog
Poaceae familjen	1,0	Värde på olika gräsarter*

3.2 En funktionell bostadsgård

I följande avsnitt redovisas vilka funktioner som enligt funna källor bör finnas på en bostadsgård för att den ska anses funktionell. Källorna som står till grund för dessa fynd inkluderar facklitteratur, två publicerade artiklar där yrkesverksamma inom ämnet har intervjuats och Plan- och Bygglagen. Nedan följer en kort presentation av vardera källa:

I boken *Stadsrum - människorum - att planera för livet mellan husen* har landskapsarkitekten Ulla Berglund och sociologen Ulla Jergeby samlat information och dragit slutsatser från sina doktorsavhandlingar samt egna erfarenheter om planering och utformning av offentliga rum (Berglund & Jergeby 1998).

Nästa källa, *Bostadsgården vardagsrum lekplats mötesplats och utsikt* av Eva Kristensson, landskapsarkitekt, teknologie doktor och forskare vid Institutionen för arkitektur och byggd miljö vid Lunds Tekniska Högskola, ger tips på väsentliga beståndsdelar som kan göra en bostadsgård användbar (Kristensson 2007).

Den första artikeln som använts är hämtad från tidningen Movium, där intervjuas Anders Jönsson, Landskapsarkitekt på Andersson Jönsson landskapsarkitekter AB i Stockholm. I artikeln lyfter Jönsson hur han definierar en bostadsgård och sedan vilka funktioner som utgör en bra bostadsgård. Jönsson konstaterar dock att vad som anses bra eller dåligt grundar sig i en känsla av kvalitet vilken är subjektiv och varierar beroende vem man frågar. (Reiter 2007).

I den andra artikeln som använts i detta avsnitt intervjuas bland annat Märit Jansson, docent i landskapsarkitektur vid SLU, som jobbat med hur barn använder sin utemiljö (Frisk 2019).

Sist i detta avsnitt redovisas vilka lagar som berör en bostadsgård.

Bostadsgården som utsikt och som vistelseplats

Berglund och Jergeby (1998 s.14) konstaterar att naturen tycks göra stora känslomässiga intryck på oss människor. De menar att just närhet mellan natur och bostad värdesätts men att även utsikt över natur är betydelsefullt. Berglund och Jergeby (1998) poängterar att den gemensamma närmiljön kring bostaden både är viktig som en plats att vistas i och att titta på. Även Kristensson (2007) visar exempel på ett flertal gårdar där utsikten uppskattas och ibland är den ända funktionen av gården. Undersökningar som gjorts av Kristensson visar att grupper som inte fysiskt vistas på gården istället kan uppskatta den som något vackert att titta på. Flera källor pekar alltså på vikten av att gestalta den bostadnära miljön som både vistelseplats och utsikt (Berglund & Jergeby 1998; Kristensson 2007). För att stärka bostadsgårdens funktion som något att titta på lyfter Kristensson (2007 s.13) fram blommade växter som en alternativ lösning.

Avgränsningar och indelningar av en bostadsgård

Tillgänglighet till en bostadsgård är fundamentalt och enligt Jönsson borde entréer till bostadsgården ligga i direkt anslutning till bostadshusen (Reiter, 2007). Det anser Jönsson ger de boende känsla av att gården är till just för dem (ibid.). Vidare skapar det en starkare gårdskänsla om barn kan leka på gården och gården känns trygg nog att de boende vågar förvara sina cyklar, utemöbler och uteleksaker där (ibid.). Anders Jönsson uttrycker också att bostadsgården ska vara som ett förlängt vardagsrum (ibid.). För att skapa denna trygga gårdskänsla lyfter Jönsson fram avgränsning mot omgivning som en viktig faktor.

Genomen avgränsning mot omgivande fastigheter, gator och andra gårdar skapas en ansvarskänsla samtidigt som de boende upplever social kontroll vilken Jönsson anser är viktigt för att upprätthålla gårdskänslan (Reiter, 2007). Även Berglund och Jergeby (1998 s.19) anser att avgränsningar är viktiga för att skapa en överblickbarhet och trygghet. I deras forskning är det framförallt småbarnsföräldrar som uppskattar kringbyggda gårdar med få och tydliga kopplingar till omgivningen för att ge bonde översikt över sina barn. Berglund och Jergeby (1998 s.19-20) lyfter dock fram att avgränsningar kan leda till skymd sikt och en känsla av avskildhet vilket kan uppfattas negativt.

En bostadsgård kan förutom att avgränsas mot sin omgivning även indelas i olika ytor invändigt. Enligt Jönsson (Reiter 2007) är det för en bra bostadsgård viktigt att det finns rum i rummet samtidigt som det finns flera olika skalor av rumslighet. Jönsson anser att det optimala vore att hitta en flytande skala för att uppnå olika nivåer mellan offentligt och privat. Vidare menar Jönsson att en bostadsgård borde innefatta både avskilda rum, offentliga rum och en god övergång mellan den privata bostaden och den offentliga bostadsgården.

Sedan konstaterar Jönsson (Reiter 2007) att den optimala rumsindelningen består av en större öppen yta med mindre rum och aktivitetsytor av olika karaktär runt den centrala ytan. På grund av att dagens bostadsgårdar ofta kan vara väldigt små till ytan menar Jönsson att detta är svårt att uppnå. Istället delar olika funktioner samma yta och i värsta fall finns det bara plats för en sorts aktivitet på gården, då prioriteras ofta småbarnslek (Reiter, 2007). Jönsson anser att om det på en gård finns en stor öppen yta är viktigt att det även finns mindre avskilda rum att dra sig undan till om grannarna har fest eller om barnen leker.

I en undersökning av hur olika bostadsgårdar i Sverige används och upplevs visas också på vikten av att dela in bostadsgården i olika rum (Kristensson 2007 s.13).

En bostadsgård, som studerats av Kristensson (2013 s.13), användes främst av barnfamiljer vilket gjorde att andra grupper kände sig exkluderade och använde därför inte gården. Denna grupp påstod att om fler avskilda rum, vid sidan av lekområdet, skulle finnas tillgängliga skulle gården användas flitigare.

Enligt Jönsson kan även rumsindelning vara viktigt för att användaren av bostadsgården inte ska känna sig uttittad. Även Berglund och Jergeby (1998 s.17) nämner problematiken av att känna sig uttittad på sin bostadsgård. De menar att det framförallt är vuxna som uppfattar detta som ett problem och därför, när de vill vistas ute, rör sig bort från bostadsgården för att undvika att betraktas av sina grannar. I motsats till detta lyfter dock Berglund och Jergeby (1998) också den bostadsnära miljön, inte bara som en plats att vistas på, utan även en plats där man kan bli sedd av andra.

Växtligheten på en bostadsgård

Generellt är Jönssons uppfattning att en grön gård med träd, buskar och gräs uppskattas av dess användare (Reiter, 2007). Dock hävdar Anders Jönsson att det bästa vore en gård som även innehåller perenner, lökar och möjlighet till odling. Detta menar Jönsson ingiver en känsla av egen trädgård medan enbart träd och buskar ofta förknippas med offentliga parker och torg (ibid.). Vidare påstår Jönsson att trädgårdsliknande växter både kan göra att en bostadsgård känns mer privat samtidigt som det uppfyller många dröm av hur de skulle vilja bo (Reiter 2007). Även Kristensson (2017 s.13,16) visar på att blommande växter av trädgårds kvalitet oftast uppskattas på en bostadsgård.

Att möjlighet till odling skulle öka gårdens funktionalitet stöds även av Berglund och Jergeby (1998 s.18) som i deras forskning visat att skötsel av gården var den vanligaste aktiviteten bland pensionärer. Berglund och Jergeby (1998 s.18) påstår också att odling och skötsel av gården ger de boende möjlighet att påverka gården och en ökad känsla av äganderätt. Utöver detta menar Berglund och Jergeby att skötsel av gården bidrar med möjlighet till interaktion mellan grannar.

Hur olika åldersgrupper använder en bostadsgård

Berglund och Jergeby (1998, s.62) diskuterar de motsatta meningarna om huruvida en inbjudande lekplats borde vara uppdelad i specifika funktioner eller inte. Är ytor och redskap avsedda särskilt för lek eller oprogrammerade ytor mest lockande för barn? Leker barn på ytor som är gestaltade för något helt annat än lek lika gärna som en lekplats? Trots att vissa hävdar att en gård inte ska delas upp i olika funktioner, och att det absolut finns lekplatser som ekar tomma konkluderar Berglund och Jergeby (1998, s.62) att barn önskar lekplatser. De menar att lekplatsen kan bli en trygg utgångspunkt för barn att vidare utforska sin närmiljö, där kan barn umgås och leka på sina villkor utan att de vuxnas närvaro är allt för påtaglig.

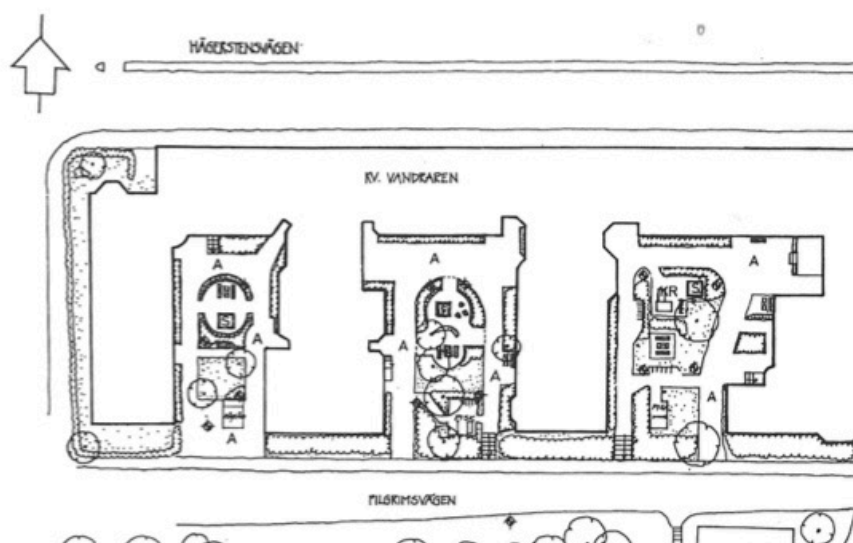
I en artikel från forskning.se publicerad 3 april 2019 kallad "Hur tråkig får en lekplats vara" presenteras ett annat sätt att se på utformningen av lekplatser (Frisk 2019). I artikeln (Frisk 2019) hävdar Jansson att på grund av ett ökat fokus på säkerhet riskerar lekplatserna att bli tråkiga. En lösning skulle kunna vara att överge "lekplatstänket" och istället skapa rika utemiljöer som också går att leka i (ibid.). Jansson har forskat på lekplatser sedan 2004, där hon intervjuat barn om hur de vill att lekplatser ska se ut. I Janssons forskning har barnen uttryckt önskan om utmaningar, att kunna röra sig snabbt, klättra högt och bygga kojor eller hitta

gömställen. Jansson poängterar också att forskning stödjer gestaltning av lättmanipulerade miljöer som barnen själva kan påverka och göra till sin egen.

Berglund och Jergeby (1998 s.62) konstaterar att det är lika viktigt att skapa platser för vuxnas behov och önskemål som det är att skapa lekmiljöer för barn. Berglund och Jergeby konstaterar dock att oavsett den gemensamma ytans kvalitet föredrar vuxna den privata uteplatsen eller balkongen framför en bostadsgård som måste delas med andra. Inom forskning har argument som "gården är till för barnen" och "det finns inga bra platser för vuxna" använts som argument och förklaring till varför bostadsgården sällan används av vuxna (Berglund & Jergeby 1998). Detta stöds, som nämnts tidigare, av Kristensson (2017 s.13) som påpekar att bostadsgårdar som används av barn och barnfamiljer ibland kan exkludera andra grupper.

Bostadsgården planutformning

Berglund och Jergeby (1998 s.63-65) belyser vikten av att inspireras av framgångsrika exempel och lyfter också fram några sådana exempel. Dessa inkluderar karaktärsdrag från bostadsgårdarna på Pilgrimsvägen i Aspudden, Stockholm, där både vuxna och barn använder bostadsgården. Författarna påpekar indelningen av gårdarna vilka erbjuder en valbarhet och variation för de boende. Barnen använder flitigt bostadsgårdens enkla lekplatser, buskar och träd att leka i, samt gångarna att cykla på. Gårdarna på Pilgrimsvägen delas in med hjälp av grönska som bildar avskilda rum och bidrar med skugga och skyddar användarna från åskådare (Berglund & Jergeby 1998 s.64). Grönskan tillsammans med flyttbara utemöbler uppskattas av vuxna som kan välja mellan att sitta soligt eller skuggigt, och öppet eller avskilt. Trots att gårdarna på Pilgrimsvägen är relativt små listar Berglund och Jergeby (1998 s.64) planutformningen som deras främsta egenskap (se figur 2). Att de ligger i söderläge ger gårdarna tillräckligt med sol och gårdarna är samtidigt avskilda som de har en koppling både till varandra och den intilliggande vägen (ibid.). Detta ger en privat men ändå överblickbar och trygg känsla (Berglund & Jergeby, 1998 ss.63-64).



Figur 2 visar planutformningen av ett bostadskvarter på Pilgrimsvägen i Stockholm (Berglund & Jergeby, 1998 s.64). Enligt Berglund och Jergeby (1998) innefattar bostadskvarteret mycket välanvända och uppskattade gårdar. Denna planutformning har använts som inspirationskälla i denna uppsats.

Lagar och riktlinjer kring en bostadsgård

Enligt Plan- och bygglagens åttonde kapitel, 9§ finns det beskrivet att en tomt, som är bebyggd med ett eller flera bostadshus, ska innefatta eller ligga i närheten av tillräckligt stor friyta som är lämplig för lek och utevistelse (SFS 2010:900). Vad som är en tillräckligt stor friyta finns inte definierat i lagen. Enligt Kristensson (2007) är det upp till kommuner och byggbranschen att tolka och applicera denna lagstiftning. För att göra en god tolkning anser Kristensson (2017) att det krävs kunskap inom ämnet. Vidare menar Kristensson att det inte bara handlar om att bostadsgården ska innefatta tillräckligt stor yta, utan även vilka förväntningar boende kan ha på sin närmiljö (Kristensson, 2007). Lagen reglerar alltså endast placering och storlek på bostadsnära utemiljöer men saknar reglering kring vad dessa miljöer bör innehålla (SFS 2010:900).

4. Resultat

I detta kapitel redovisas en sammanställning av de studier och beräkningar som undersökningen av syftet och frågeställningen resulterat i. Därefter redovisas även det slutliga förslaget på bostadskvarterets gestaltning och vilka principer denna gestaltning bygger på.

4.1 Funktioner på en bostadsgård

I detta avsnitt presenteras de utvalda funktioner som efter undersökning av frågeställningen anses nödvändiga för att bostadskvarteret ska vara funktionellt. Nedan redovisas dessa funktioner med motiveringar till varför just dessa funktioner valts ut.

Tabell 3 visar ett urval av funktioner som enligt litteraturoversikten i avsnitt 3.2 kan finnas på en funktionell bostadsgård. Funktionerna motiveras även för att förtydliga vad funktionerna kan bidra med i både luftreningssynpunkt och för att kvarterets som gestaltas ska kunna användas som en bostadsgård.

Funktion	Motivering
Avgränsning mot omgivning	Skapar en ansvarskänsla hos boende och gör att gården känns säkrare samt mer privat.
Rumsindelning	Det ska finnas olika plaster för olika funktioner och användningsändamål. Olika delar ska kännas mer eller mindre privata För att flera sällskap ska kunna vistas på gården samtidigt. Människor ska ha möjlighet att träffa andra och känna sig sedda
Förgård med vegetation	Vegetation nära föroreningskälla Komplement till den mer privata bostadsgården Insynsskydd och distans från gatan gör bostad och entré mer privat
Odling	Odling är en högt värderad kvalitet på en bostadsgård
Lek	Enligt Plan- och bygglagen ska bostadshus ligga i direkt anslutning till eller i närheten av friytor lämpliga för lek Bostadsgården ska vara till för människor i alla åldrar
Sittmöjlighet	Enligt Plan- och bygglagen ska bostadshus ligga i direkt anslutning till eller i närheten av friytor lämpliga för utevistelse
Ospecificerad yta	Enligt Plan- och bygglagen ska bostadshus ligga i direkt anslutning till eller i närheten av friytor lämpliga för lek samt utevistelse Ger boende möjlighet att använda sin egen utemiljö på valfritt vis
Ljusinsläpp	Tillgodoser ljusinsläpp för både människor och växter Ge möjlighet till boende att välja mellan sol och skugga
Tillgänglighet	Boende ska ha tillgång till bostadsgården direkt från bostadshuset Ger boende en känsla av äganderätt
Byggnadsplacering	Hästskeform tillåter ljusinsläpp, god koppling till omgivning och luftgenomströmning

4.2 Principer för att gestalta en utemiljö som kan rena luft

Följande är en sammanställning av de principer/riktlinjer som ligger till grund för växtvalet och placering av växter. Principerna är generella och kan appliceras även vid gestaltning och planering av andra utemiljöer.

- Använd gärna barrväxter framför lövväxter eftersom barrväxter generellt är bättre på att minska luftföroreningar genom ansamlade av luftburna partiklar.
- Välj gärna växter med klibbiga blad, stor bladvolym, komplex eller grov bladstruktur alternativt behåring eftersom dessa egenskaper kan öka växternas förmåga att ansamla luftburna partiklar. Ju fler av dessa kriterier som uppfylls desto högre förmåga att påverka luftkvaliteten.
- Gräs är mer effektivt än sedum på att rena luft från föroreningspartiklar vilket är användbart vid planering av undervegetation eller gröna tak.
- Placera växter nära föroreningskällan men anlägg inte denna vegetation så tätt att den hindrar luftflöden.

- Använd vegetation i flera höjdnivåer då luftföroreningskoncentrationen är högst nära marken men små partiklar kan färdas en längre bit.

4.3 Växtval

Nedan i tabell 6 redovisas vilka växter som använts i gestaltningen i denna uppsats. Växtvalen är baserade på principerna presenterade i föregående avsnitt (se avsnitt 4.2).

Tabell 4 visar de växtval som använts i gestaltningen i denna uppsats. Motiveringen visar varför växterna har valts för att kunna minska luftföroreningar.

Växttyp	Art	Svenskt namn	Växtzon	Motivering
Träd	Acer campestre	naverlön	I-IV	Har högt UTAQS
	Acer platanoides	skogslön	I-V	Har högt UTAQS
	Betula pendula	vårtbjörk	I-V	Har högt UTAQS
	Crataegus monogyna	trubbhagtorn	I-V	Har högt UTAQS
	Picea abies	gran	I-VII	Städsegrön barrväxt med komplicerad bladstruktur
	Picea abies 'Nidiformis'	fågelbogran	I-VI	Städsegrön barrväxt med komplicerad bladstruktur
	Pinus sylvestris	tall	I-VII	Städsegrön barrväxt med komplicerad bladstruktur
	Sorbus intermedia	oxel	I-V	Har medelhögt UTAQS, behåring på blad, grov bladstruktur
Buske	Corylus avellana	hassel	I-V	Har grova blad med behåring
	Juniperus communis 'Repanda'	lågvoxen sort av en	I-VI	Städsegrön barrväxt med komplicerad bladstruktur, lågvuxen
	Juniperus communis 'Vemboö'	pelarformad en	I-V	Städsegrön barrväxt med komplicerad bladstruktur
	Lonicera caerulea var. kantschatica	blåbärstry	I-VI	Lågväxande buske med behåring på blad
Perenn	Calamagrostis x acutiflora	tuvrör	-	Gräs
	Deschampsia cespitosa	tuvtåtel	-	Gräs
	Geranium phaeum	brunnäva	-	Behåring på blad
	Luzula pilosa	vårfryle	-	Gräs
	Molinia caerulea	blåtåtel	-	Gräs
	Pulmonaria angustifolia	smalbladig lungört	-	Behåring på blad

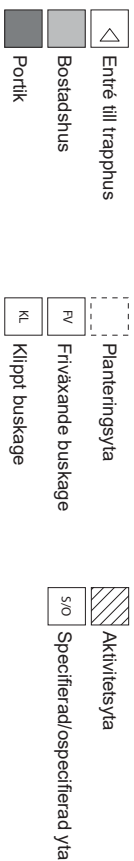
4.4 Programplaner

Under denna rubrik presenteras de två programplanerna som tagits fram för att undersöka frågeställningen. Kvarterets funktionsindelning redovisas i *Programplan funktion* och växtgestaltningen redovisas i *Programplan växter*.

Planprogram funktion

De olika aktivitetstypen definieras som specificerade (S) följande av tänkt aktivitet, text S, Lek eller som en observerad yta (O). Aktivitetstyperna beskrivs även som privata, halvprivata eller öppna. Detta syftar till att beskriva ytan avgränsning mot omgivningen och känsla av rumslighet och

Teckenförklaring

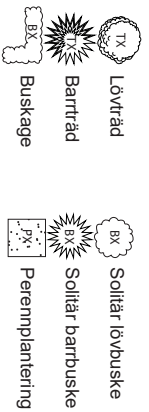


skala 1:600/A4




0 10 50 m

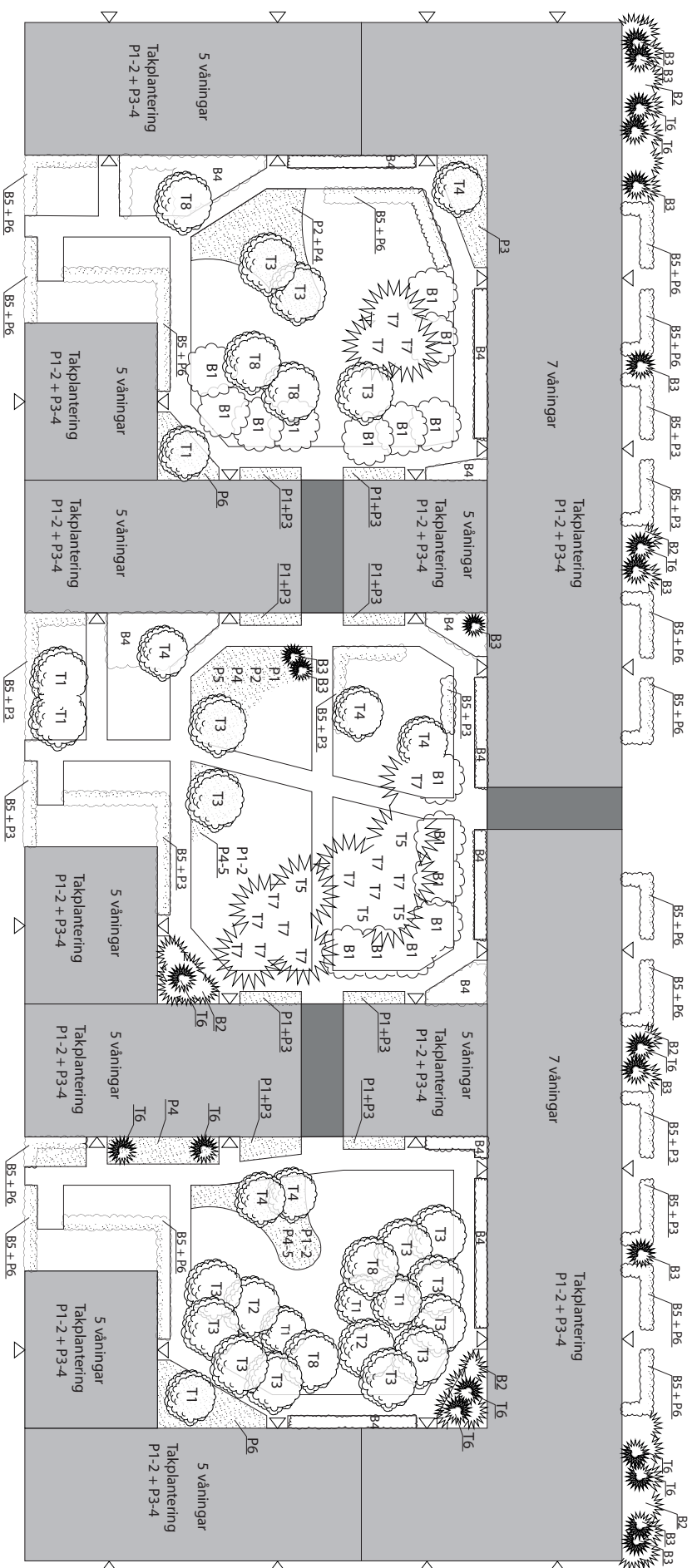
Planprogram växter

Teckenförklaring



Växtförteckning

	Entré till trapphus		
	Bostadshus		
	Portik		
TRÄD			
	art	latinsk namn	svenskt namn
	T1	Acer campestre	navelönn
	T2	Acer platanoides	skogsönn
	T3	Betula pendula	värblörk
	T4	Catalpaus monogyna	trubbiglarm
	T5	Picea abies	gran
	T6	Picea abies 'Nidiformis'	fågelbrogan
	T7	Pinus sylvestris	tall
	T8	Sorbus intermedia	oxel
BUSKAR			
	art	latinsk namn	svenskt namn
	B1	Corylus avellana	hassel
	B2	Juniperus communis 'Repanda'	lägvuxen sort av en
	B3	Juniperus communis 'Verboi'	perlarformad en
	B4	Lonicera caerulea var. kamtschatica	blåblåströ
	B5	Sorbus intermedia	oxel
PERENNER			
	P1	Calamagrostis x acutiflora	tålvör



skala 1:600/A4

$$z \rightarrow$$

4.5 Beräkningar

Beräkningarna, utförda enligt avsnitt 2.4, visar att den föreslagna utformningen på bostadskvarteret skulle resultera i en yta som totalt ansamlar 0,36% av Stockholms innerstads genomsnittliga luftföroreningshalt. Värdet är inte exakt utan utgör ett riktvärde som visar att det med vegetation även på mindre ytor är möjligt att påverka luftföroreningskoncentrationen i en stad.

4.6 Tolkning av resultat

I detta avsnitt tolkas och analyseras resultaten utifrån relevans och trovärdighet.

Funktioner på en bostadsgård

De presenterade funktionerna är ett urval baserat på den funna litteraturen. Dessa är ingalunda alla källor som behandlar detta ämne vilket i sig bringar reservationer för att sammanställningen möjligen inte är komplett sett till alla funktioner som skulle kunna finnas på en bostadsgård.

Principer

De framtagna principerna är generella och kan appliceras vid planering av ett flertal olika typer av utemiljöer. Det kan således vara värdefullt att istället anpassa principerna för det projekt som arbetas med.

Växtval

Det bör noteras att växtvalet är begränsat och att andra växter mycket väl skulle kunna fylla samma funktioner, eller att de växter som valts inte alls är optimala ur luftreningssynpunkt. Dock är, utifrån studerat material, växter valda till bästa förmåga.

Programplaner

Det är värt att nämna att gestaltningen inkluderar takytor som planteringsytor. Implementering av sådana *gröna tak* är inte alltid möjlig men detta har inte tagits hänsyn till i detta kandidatarbete. Vilket kan förklaras av den strikta tidsramen samt de ämnesavgränsningar som gjorts.

Beräkningar

Vid tolkning av beräkningarnas resultat är det viktigt att nämna att dessa är baserade på både medelvärden och substitutionsvärden vilket innebär att resultatet inte är exakt utan måste tolkas som ett riktvärde. Utöver detta har inte heller växtsäsong tagits hänsyn till vilket även det har en inverkan på resultatet. Ytterligare en faktor som kan påverka resultatet är att det värde på luftföroreningskoncentration som använts är ett medelvärde men koncentrationen kan variera över ett år.

5. Diskussion

I detta kapitel diskuteras metod och resultat utifrån hur väl dessa kunde undersöka och besvara uppsatsens syfte och frågeställning samt hur dessa ställer sig i relation till tidigare forskning.

5.1 Metoddiskussion

I detta avsnitt diskuteras de olika metoderna litteraturöversikt, växtval, gestaltning av programplaner och beräkningar tillsammans med de avgränsningar som gjorts i förhållande till hur väl de tillgodosett uppsatsens syfte och undersökt frågeställningen. I avsnittet diskuteras även vilka alternativa metoder som kunde använts samt resultatets tillförlitlighet.

För att samla in information om hur bra olika växter är på att minska luftföroreningar utfördes en litteraturöversikt. Litteraturöversikten hade möjligen kunnat utföras på annat vis, med andra databaser och andra sökord, vilket hade kunnat leda till ett annat resultat men databaserna som valdes ansågs tillräckliga för att fylla syftet. Kedjesökningen, som är en av metoderna som använts i denna uppsats, kan enligt (Reinecker & Jørgensen 2014) innebära att viss information kan ha missats, framförallt den med andra åsikter. Detta motverkades genom att litteraturöversikten inte var en ren kedjesökning utan även annan litteratur inkluderades.

För att undersöka om en yta både kan användas som en funktionell bostadsgård, samtidigt som den med hjälp av växter minskar luftföroreningar, gjordes i denna uppsats först en litteraturöversikt med syfte att ta fram vilka funktioner som bör finnas på en bostadsgård. Tidsavgränsningen som sats för arbetet innebar att vissa funktioner som anses viktiga på en bostadsgård kan ha uteblivit från resultatet beroende på den begränsade mängd litteratur som studerats. Vad som är viktigt för en funktionell eller bra bostadsgård kan även vara subjektivt (Reiter 2007). Detta medför att de funktionerna som tagits fram i denna uppsats kan uppfattas som mer eller mindre värdefulla beroende på vem som frågas. Det kan dock påpekas att det saknas studier som sammanställer vilka funktioner som *bör* finnas på en bostadsgård vilket därmed skulle vara ett intressant ämne för vidare forskning.

I studien framtagen av McDonald *et al.* (2007) beskrivs att val av växtart spelar roll för hur effektiv en plantering är på att rena luft. I denna uppsats har artvalet utgått ifrån litteraturöversikten i avsnitt 3.1 och principerna i avsnitt 4.2. Växter har valts utefter de egenskaper och utseende som enligt den undersökta litteraturen kan öka växtens förmåga att minska luftföroreningar. Utöver detta har artvalet i denna uppsats även baserats på UTAQS (Donovan *et al.* 2005) (se avsnitt 3.1). Ett sådant poängsystem skulle vara värdefullt att utveckla till att bli mer allomfattande och sedan tillgängliggöras för alla parter som kan vara intresserade av att nyttja de växter som fått högst betyg. Det är viktigt att poängtera att UTAQS:studien är utförd i Storbritannien så vissa arter inkluderade i studien var inte relevanta för denna uppsats eftersom val av art begränsats till att enbart innefatta svenska inhemska arter. Dessutom är studien utförd enbart på stadsträd och säger därför inget om andra typer av växter som till exempel gräs eller perenner.

Varför valda växter kan visa sig inte vara de *bästa* ur luftreningssynpunkt kan delvis förklaras av valet att enbart jobba med inhemska arter vilket presenterade både tillgångar och problem. En följande tillgång var att växterna valda i arbetet inte enbart minskar luftföroreningskoncentrationen utan även främjar den svenska biologiska mångfalden medan en svårighet var, som nämnt tidigare, att det begränsade urvalet innebar att det mest troligen finns arter utanför Sverige som är mer effektiva på att rena luft.

Vid växtval i denna uppsats har det även tagits hänsyn till att växtgestaltningen ska kunna tjäna olika syften. För att tillgodose de olika funktionerna framtagna i litteraturoversikten (se 3.2) behövdes växter i olika storlek och med olika habitus (se tabell 3). Detta möjliggör för skapandet av planteringar med olika grad av öppenhet/slutenhet och höjd/bredd vilket möjliggör indelningar av olika sorters rum (se *Planprogram funktion* i avsnitt 4.4). För att redovisa detta ännu tydligare skulle perspektivskisser eller vyer över olika rumsindelningar kunnat gjorts vilket på grund av tidsramen inte kunde utföras i denna uppsats.

Författarna av denna uppsats har under sin utbildning på Landskapsarkitekturprogrammet noterat att designprocessen och designförslag kan vara mycket subjektiva. För att försöka undkomma detta valdes det i detta arbete att avsluta designprocessen vid en programplan. En programplan innehåller inte någon formmässig utformning utan är främst ett svar på en analys (Institutionen för stad och land Landskapsarkitektur 2017) och vid utformning av en programplan tillåts inte designern lika mycket konstnärlig frihet som vid den vidare formmässiga gestaltningen. Tack vare detta kan programplanerna som presenteras i denna uppsats ses som mer objektiva än om en fullständig gestaltning hade utförts. Hade denna uppsats resulterat i en komplett gestaltning skulle resultatet visserligen kunna blivit mer estetisk tilltalande och ge ett tydligare resultat av just *hur* en gestaltning skulle kunna se ut. Dock skulle detta som sagt kunnat resultera i ett mer subjektivt resultat.

Programplanerna (se avsnitt 4.4) och principerna (se avsnitt 4.2) kan användas som inspiration eller utgångspunkt av andra designers som vill gestalt liknande ytor och med hjälp av vegetation minska luftföroreningar. Dock finns en medvetenhet kring att dessa principer möjligen skulle kunna sett annorlunda ut om ett annat tillvägagångssätt använts.

Beräkningarna som redovisas i avsnitt 4.5 visar att växtgestaltningen i denna uppsats har en positiv inverkan på luftföroreningar. Det är därför möjligt att befintliga ytor inom en stad skulle kunna gestaltas med växtlighet i syftet att minska luftföroreningskoncentrationen. Viktigt att ha i åtanke är att växtligheten som undersökts i denna uppsats minskar luftföroreningar genom torrdeposition (Hicks, Matt, & McMillen 1989) vilket visserligen leder till att föroreningarna i luften minskar men medför samtidigt att föroreningarna antingen stannar på växtens yta eller förorenar marken genom kontaminerat regnvatten. Som beskrivet i introduktionen av detta arbete kan växter, förutom att minska luftföroreningar även bidra till vattenrening (Reiter 2007). Därför kan det antas vara möjligt att växterna som används för att rena luft i denna uppsats även skulle kunna användas för att rena de dagvatten som förorenats via krondropp. Viktigt att ta i beaktning är att denna uppsats inte undersöker vilka förutsättningar som är nödvändiga för att växter ska kunna rena dagvatten och vilka föroreningar som berörs av detta. Det skulle vara intressant att undersöka om samma växter som kan minska

luftföroreningar även kan användas för att rena vatten och på så vis minska föroreningarna i större utsträckning.

Som poängterat i avsnitt 4.6 *Tolkning av resultat* användes i vissa fall medelvärden och substitutionsvärden för att göra beräkningarna. Detta var nödvändigt för att kunna göra de uträkningar som krävdes för att försöka tillgodose uppsatsens syfte. Trots att substitutionsvärden använts vid likande uträkningar i en vetenskaplig granskad artikel (Zhao *et al.* 2018) måste resultatet tolkas med försiktighet. Kanske skulle detta kunnat undvikas om fler exakta värden hittats i litteraturen. Det är möjligt, om litteraturöversikten utförts på annat vis, att fler precisa värden kunde hittats vilket i sin tur skulle innebära en mer exakt beräkning. Om det emellertid är så att dessa värden inte finns tillgängliga i nuläget föreslås mer forskning på annat för att i framtiden kunna göra mer precisa beräkningar. En alternativ metod som hade kunnat undersöka frågeställningen kunde vara att utföra egna experiment eller mätningar för att på så visa samla egna data. Denna metod ansågs dock för detta arbete undermålig då uppsatsens tidsram samt brist på teknisk kunskap och utrustning skulle leda till otillfredsställande resultat.

Något annat som bör noteras är att växtsäsong inte tagits med i beräkningarna som presenteras i avsnitt 4.5. Dessa visar att luftföroreningarna skulle minska med 0.36% tack vare växterna inom bostadskvarteret. Eftersom beräkningarna utgår från att växterna minskar föroreningskoncentration genom torrdeposition och därmed ansamlar föroreningspartiklarna på olika växtdelar (framförallt sina blad) skulle resultatet bli mindre om beräkningarna tagit hänsyn till växtsäsong. Detta eftersom ett flertal av växterna som använts i gestaltningen av bostadsgården tappar sina blad på vintern vilket innebär att deras förmåga att påverka luftkvaliteten försämras större delar av året. Denna effekt skulle kunna minskas genom användning av enbart vintergröna eller städsegröna växter, vilka behåller sina blad större delar av, eller hela året. Detta har till viss del gjorts i denna uppsats eftersom tall, en och gran inte tappar sina blad.

En funktion som togs fram i litteraturöversikten (se avsnitt 3.2) men som inte tillgodoses fullt ut i gestaltningen är användningen av växter med trädgårdskaraktär. Trädgårdsväxter skulle enligt litteraturöversikten (se kap 3.2) kunna vara en mycket uppskattad funktion på en bostadsgård. Dels som utsikt (Berglund & Jergeby 1998; Kristensson 2007) och dels som ett skötsel­element på gården i form av bland annat odling (Berglund & Jergeby 1998; Reiter 2007). Sådana växter skulle även kunna förstärka känslan av egen trädgård (Reiter 2007). I denna uppsats begränsades användningen av växter som skulle kunna fylla dessa funktioner på grund av att information om hur dessa arter kan minska luftföroreningar inte hittades. Dock innehåller resultatet mindre ytor avsatta för just odling (se Programplan funktion) men dessa ytor är inte medräknade som vegetationsytor som bidrar till minskandet av luftföroreningar. Hade det i denna uppsats hittats data på till exempel hur bra äppelträd, som skulle kunna räknas som en trädgårdsväxt, är på att minska luftföroreningar skulle denna funktion kunna fått mer plats inom bostadskvarteret och sedan också tas med i beräkningarna.

Ett exempel på en funktion, som enligt litteraturöversikten styrker funktionaliteten av en bostadsgård, som integrerades i växtgestaltningen är lekytor. Planprogrammet för funktion (se avsnitt 4.4) innehåller inte endast definierade ytor för lek (Berglund & Jergeby 1998) utan även större sammanhängande

vegetationsytor som skulle kunna användas för oprogrammerad lek (Frisk 2019). Detta var möjligt eftersom en del av arterna som valdes för att minska luftföroreningar även skulle kunna användas för lek. Detta tyder på att mer forskning kring olika arters förmåga att minska luftföroreningar skulle kunna möjliggöra för en växtgestaltning som inte bara kan rena luft utan även tillgodose andra funktioner.

För att tillgodose uppsatsens syfte skulle även ett befintligt bostadskvarter kunnat inventerats och sedan utvecklats genom att tillföra eller byta ut växtligheten till arter som kan bidra med att minska luftföroreningskoncentrationen. Detta skulle kunna resulterat i beräkningar som visar värden före och efter gestaltning och därmed visa hur stor skillnad enkla medel kan bringa. Ett sådant tillvägagångssätt skulle dock innebära ett tidskrävande jobb med inmätning, inventering, analys och platsbesök vilka skulle reducera mängden tid som kan spenderas på litteraturoversikt. Detta skulle i sig få vidare följder och konsekvenser för den informationsgrund som lett till informerade val i gestaltning samt en minskad datamängd som ligger till grund för beräkningarna.

Att undersöka och utveckla ett befintligt bostadskvarter skulle dock kunna innebära att litteraturoversikten över vilka funktioner som en funktionell bostadsgård bör innehålla skulle kunna uteslutas. Denna skulle kunna ersättas genom att inventera vilka funktioner som finns på den befintliga bostadsgården och sedan bestämma att den nya gestaltningen ska tillgodose samma funktioner. Genom att i detta fall välja en bostadsgård som anses välanvänd och uppskattad skulle bostadskvarterets funktionsduglighet i viss mån tillgodoses. Användningen av denna metod skulle dock kunna resultera i att en mängd funktioner missas. Dels om den befintliga bostadsgården inte innehöll dessa, dels om vissa funktioner inte kunnat identifierats genom inventeringen. Denna problematik skulle kunna resultera i ett mindre tillförlitligt resultat angående bostadskvarterets funktionsduglighet i förhållande till metoden som använts i denna uppsats.

5.2 Resultaten i relation till andra källor

Utgångspunkten för detta kandidatarbete var att undersöka om ett bostadskvarter skulle kunna gestaltas för att bidra med en positiv inverkan på luftföroreningar. Vidare ville arbetet undersöka om detta kunde utföras utan att funktionerna inom bostadskvarteret försummas. Av resultatet att tyda är detta möjligt, vilket styrker Irgas, Burchetts och Torpys (2015) forskning som påvisar att grönytor kan minska luftföroreningskoncentrationen i urbana miljöer. Huruvida funktionerna inom bostadskvarteret försummas eller inte är diskutabelt, utifrån funna källor tillgodose den förslagna gestaltningen alla funktioner som *bör* finnas på en bostadsgård men vilka dessa funktioner inkluderar kan anses subjektivt.

Vidare visar resultatet att även mindre ytor täckta med *rätt* sorts växter, exempelvis tall, kan ha en inverkan på luftkvaliteten. Detta ställer sig i konflikt till (Litschke & Kuttler 2008) som påstår att skogsarealer upp mot 10 000 m² behövs för att ta upp utsläppen från en större väg. Det som resultaten från denna uppsats antyder är att ett flertal mindre grönytor skulle kunna ha samma effekt som ett större sammanhängande grönområde när det kommer till ansamlande av föroreningspartiklar. Det är dock viktigt att påpeka att endast luftföroreningar har undersökts och att denna uppsats intet på något vis uppmuntrar till splittring av

sammanhängande grönytor då dessa bidrar med en mängd fördelar och ekosystemtjänster utöver luftrening (Millennium Ecosystem Assessment 2005; Rowe 2011; Vijayaraghavan 2016).

Det går även att extrapolera, utifrån resultatet i denna studie, att det kan anses viktigt att i samband med förtätning av städer inte bygga bort grönstruktur utan att istället integrera denna i stadsstrukturen. Vad denna studie också visar är att dessa grönytor inte behöver ta från andra funktionsytor utan att det går att kombinera en luftrenande yta med en mängd andra funktioner. Detta skulle exempelvis kunna göras i parker där ett omsorgsfullt växtval genast kan göra ytan inte bara till en plats att vistas på utan att även en nyttig yta ur ett luftreningsperspektiv.

En aspekt som diskuteras av ett flertal forskare är huruvida placering av växter spelar in i deras effektivitet som luftrenare. Jin *et. al.* (2014) och Vos *et. al.* (2013) menar att tät vegetation längs med gator i urbana miljöer kommer öka partikelkoncentrationen i lufrummet kring gatan vilket medför förhöjda partikelkoncentrationer lokalt samtidigt som mer vegetation i en stad sänker föroreningshalten i stort. Mitchell och Maher (2009) menar istället att växter bör planteras nära föroreningskällan eftersom de är där de kommer göra mest nytta. Detta arbete har försökt tillfredsställa båda idéer om placering av vegetation. Dels genom placering av växter längs med gatan och dels genom att kvarteret öppnas upp för att tillåta luftgenomströmning för att förhindra ansamling av partiklar i gatans lufrum. Det ansågs efter litteraturöversikten att det var viktigt att försöka hantera de luftföroreningar som genereras i anslutning till kvarteret lokalt, istället för att förlita sig till en grönyta längre bort från föroreningskällan. Detta skulle enligt Jin *et. al.* (2014) och Vos *et. al.* (2013) alltså kunna innebära förhöjda föroreningskoncentrationer i luften kring kvarteret vilket i sin tur skulle medföra en mängd hälsorisker för boende (Pope, Bates & Raizenne 1995, World Health Organization 2019) men vidare studier krävs för att undersöka om lokal hantering av luftföroreningar får sådana följder specifikt för de som bor inom angett område.

Resultaten från denna studie samstämmer med tidigare forskning om att en del av lösningen på den urbana luftkvaliteten ligger i implementering, integrering och bevarande av urban grönstruktur. Baserat på resultaten av forskning från bland andra Freer-Smith, Beckett och Taylor (2005) kunde denna kandidatuppsats undersöka hur befintlig kunskap kan användas i praktiken. Arbetet gav ett förslag på hur ett bostadskvarter i Stockholm skulle kunna se ut om det var planerat utifrån växters förmåga att rena luft. Det är värt att påpeka att förslaget berör en stad med befintlig struktur att ta hänsyn till. Fynden i denna studie är alltså platsspecifika och kan därför inte garanteras att fylla samma funktion på en plats med andra förhållanden och förutsättningar. Med det sagt kan det dock poängteras att principerna som presenteras i avsnitt 4.2 tagits fram med avsikt att vara generella för att kunna agera riktlinjer även vid andra projekt på andra platser.

Det som forskningen visar och som även stöds av denna studie är att luftföroreningar utgör ett faktiskt och allvarligt problem för samhället och människors hälsa. Detta kandidatarbete visade att det finns en del artspecifik forskning om depositionshastighet och vad dessa data har för betydelse för en växts luftreningseffektivitet, men dessa data är ofullständiga. Det krävs vidare forskning om fler arter och en jämförelse mellan arterna för att bestämma vilka växter som är bäst lämpade för användning ur luftreningssynpunkt, detta kan även utvecklas till att undersöka om vissa, och i så fall vilka, arter som kan utföra flera funktioner.

Som att till exempel att bidra med vattenrening så att föroreningsproblemet inte enbart förflyttas mellan luft och mark. Ytterligare forskning krävs även för att bestämma hur dessa data bäst implementeras och används i stadsplanering.

Luftföroreningar är inte heller bara ett lokalt problem utan global urbanisering fortgår och i takt med att städer expanderar och förtätas ökar riskerna för att luftkvaliteten fortsätter försämrats (Patel & Burke 2009). Frågan kan därför ställas om vilka andra ytor i städer, utöver tak och bostadsgårdar, som kan användas eller utvecklas till mer nyttiga ur luftreningssynpunkt? I en stad som byggs ny och där det därför inte behövs ta hänsyn till befintlig infrastruktur kan det också undersökas om det är möjligt att från början planera förebyggande så att luftföroreningar inte någonsin blir ett problem

5.3 Slutsats

- Denna studie har visat att det med hjälp av växter är möjligt att gestalta ett funktionellt bostadskvarter som har en positiv inverkan på luftföroreningar.
- Ett av de mest betydelsefulla resultaten från denna studie var de principer som togs fram gällande hur växter ska väljas och placeras om målet är att främja luftrening.

Referenslista

- Artdatabanken Sveriges lantbruksuniversitet (2018). *Vad är en främmande art?*
Tillgänglig: <https://www.artdatabanken.se/arter-och-natur/biologisk-mangfald/frammande-arter/> [2019-04-10]
- Beckett, K.P., Freer-Smith, P.H. & Taylor, G. (1998). Urban woodlands: their role in reducing the effects of particulate pollution. *Environmental Pollution*, vol. 99 (3), ss. 347–360. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(98\)00016-5](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(98)00016-5)
- Beckett, K.P., Freer-Smith, P.H. & Taylor, G. (2000). Particulate pollution capture by urban trees: effect of species and windspeed. *Global Change Biology*, vol. 6 (8), ss. 995–1003. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00376.x>
- Berglund, U. & Jergeby, U. (1998). *Stadsrum - människorum: att planera för livet mellan husen*. Stockholm: Byggforskningsrådet.
- Blomsterlandet.se (2019). *E-butik*. Tillgänglig: <https://www.blomsterlandet.se/E-butik/>
- Boverket (2018). *Utnyttjandegrad*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/planbestammelser/egenskapsbestammelse-r-for-kvartersmark/bebyggandet/utnyttjandegrad/> [2019-05-31]
- Bréda, N.J.J. (2008). Leaf Area Index. *Encyclopedia of Ecology (Second Edition)*. Oxford: Elsevier, ss. 457–462. DOI: 10.1016/B978-0-444-63768-0.00849-0
- Donovan, R.G., H.E. Stewart, S.M. Owen, A. R. MacKenzie & C.N. Hewitt (2005). Development and Application of an Urban Tree Air Quality Score for Photochemical Pollution Episodes Using the Birmingham, United Kingdom, Area as a Case Study. *Environmental Science & Thechnonogy*. vol. 39 (17), ss. 6730-6738. DOI: <https://doi.org/10.1021/es050581y>
- Drott, E., Elg, R., Eskilsdotter, S. & Myhr, U. (2015). *Växtkompendium träd och buskar*. Uppsala: Institutionen för stad och land, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Elg, R., Johnander, V. & Lagerström, T. (2014). *Perennkompendium*. Uppsala: Institutionen för stad och land, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Felson, A.J., Pavao-Zuckerman, M., Carter, T., Montalto, F., Shuster, B., Springer, N., Stander, E.K. & Starry, O. (2013). Mapping the Design Process for Urban Ecology Researchers. *BioScience*, vol. 63 (11), ss. 854–865. DOI: <https://doi.org/10.1525/bio.2013.63.11.4>
- Freer-Smith, P.H., Beckett, K.P. & Taylor, G. (2005). Deposition velocities to *Sorbus aria*, *Acer campestre*, *Populus deltoides* × *trichocarpa* ‘Beaupré’, *Pinus nigra* and × *Cupressocyparis leylandii* for coarse, fine and ultra-fine particles in the urban environment. *Environmental Pollution*, vol. 133 (1), ss. 157–167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.03.031>
- Frisk, J. (2019). Hur tråkig får en lekplats vara? *Forskning.se*. Tillgänglig: <https://www.forskning.se/2019/04/03/hur-trakig-far-en-lekplats-vara/> [2019-05-02]
- Google (2017). *Google maps*.
<https://www.google.se/maps> [2019-05-26]
- Hicks, B.B., Matt, D.R. & McMillen, R.T. (1989). A micrometeorological investigation of surface exchange of O₃, SO₂ and NO₂: A case study. *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 47 (1), ss. 321–336. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00122337>
- Iio, A., and A. Ito. (2014). A Global Database of Field-observed Leaf Area Index in Woody Plant Species, 1932-2011. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA. <https://doi.org/10.3334/ORNLDAAC/1231>
- Institutionen för stad och land, Landskapsarkitektur (2017). Välkommen till Studio – Gestaltning av närmiljö. Sveriges lantbruksuniversitet.

- Irga, P.J., Burchett, M.D. & Torpy, F.R. (2015). Does urban forestry have a quantitative effect on ambient air quality in an urban environment? *Atmospheric Environment*, vol. 120, ss. 173–181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.08.050>
- Jin, S., Guo, J., Wheeler, S., Kan, L. & Che, S. (2014). Evaluation of impacts of trees on PM_{2.5} dispersion in urban streets. *Atmospheric Environment*, vol. 99, ss. 277–287. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.10.002>
- Kristensson, E. (2007). *Bostadsgården: vardagsrum, lekplats, möteplats och utsikt*. Stockholm: Formas
- Kungliga biblioteket (2019). *Uppsök - examensarbeten och uppsatser i fulltext*. Tillgänglig: <http://uppsok.libris.kb.se/sru/uppsok> [2019-05-28]
- Lantmäteriet (2019). *Kartsök och ortnamn*. Tillgänglig: <https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/Kartor/kartsok-och-ortnamn/> [2019-05-26]
- Litschke, T. & Kuttler, W. (2008). On the reduction of urban particle concentration by vegetation a review. *Meteorologische Zeitschrift*, vol. 17 (3), ss. 229–240. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2008/0284>
- Länsstyrelsen Stockholm (2019). *Invasiva främmande arter*. Tillgänglig: <https://www.lansstyrelsen.se/stockholm/privat/djur-och-natur/vilda-djur-och-vaxter/invasiva-frammande-arter.html> [2019-04-10]
- Malano, H., Maheshwari, B., Singh, V.P., Purohit, R. & Amerasinghe, P. (2014). *Challenges and Opportunities for Peri-urban Futures*. I: Maheshwari, B., Purohit, R., Malano, H., Singh, V.P., & Amerasinghe, P. (red.) *The Security of Water, Food, Energy and Liveability of Cities: Challenges and Opportunities for Peri-Urban Futures*. Dordrecht: Springer Netherlands, ss. 3–10. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-017-8878-6_1
- Marques, M.C., Gravenhorst, G. & Ibrom, A. (2001). Input of Atmospheric Particles into Forest Stands by Dry Deposition. *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 130 (1), ss. 571–576. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1013899032454>
- McDonald, A.G., Bealey, W.J., Fowler, D., Dragosits, U., Skiba, U., Smith, R.I., Donovan, R.G., Brett, H.E., Hewitt, C.N. & Nemitz, E. (2007). Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM₁₀ in two UK conurbations. *Atmospheric Environment*, vol. 41 (38), ss. 8455–8467. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.07.025>
- Johnson, B. & Hill, K. (2013). *Ecology and Design: Frameworks For Learning*. Washington: Island Press.
- Miljöförvaltningen i Stockholm (2018). *Luften i Stockholm - År 2017*. Stockholm: Miljöförvaltningen
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- Mitchell, R. & Maher, B.A. (2009). Evaluation and application of biomagnetic monitoring of traffic-derived particulate pollution. *Atmospheric Environment*, vol. 43 (13), ss. 2095–2103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.01.042>
- Mitchell, R., Maher, B.A. & Kinnersley, R. (2010). Rates of particulate pollution deposition onto leaf surfaces: Temporal and inter-species magnetic analyses. *Environmental Pollution*, vol. 158 (5), ss. 1472–1478. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.12.029>
- Mo, L., Ma, Z., Xu, Y., Sun, F., Lun, X., Liu, X., Chen, J. & Yu, X. (2015). Assessing the Capacity of Plant Species to Accumulate Particulate Matter in Beijing, China. *PLoS ONE*, vol. 10 (10). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140664>
- Nadgórska-Socha, A., Kandziora-Ciupa, M., Trzęsicki, M. & Barczyk, G. (2017). Air pollution tolerance index and heavy metal bioaccumulation in selected plant

- species from urban biotopes. *Chemosphere*, vol. 183, ss. 471–482. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.128>
- Naranjo, L. (2011). *Volatile trees* | *Earthdata*. Tillgänglig: <https://earthdata.nasa.gov/user-resources/sensing-our-planet/volatile-trees> [2019-04-23]
- Naturhistoriska riksmuseet (2017). Den virtuella floran. Tillgänglig: <http://linnaeus.nrm.se/flora/welcome.html> [2019-05-26]
- Naturvårdsverket (2017). *Främmande arter i Sverige*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Vaxter-och-djur/Frammande-arter/> [2019-04-10]
- Naturvårdsverket (2019a). *Luften i Sverige - Luftkvalitet*. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Statistik-om-luft/Luften-i-Sverige/> [2019-04-04]
- Naturvårdsverket (2019b). *Överskridanden av miljökvalitetsnormerna 2017*. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Luft-och-klimat/Miljokvalitetsnormer-for-utomhusluft/Overskridanden-av-miljokvalitetsnormerna/> [2019-04-04]
- Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Bodine, A. & Hoehn, R. (2013). Modeled PM_{2.5} removal by trees in ten U.S. cities and associated health effects. *Environmental Pollution*, vol. 178, ss. 395–402. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.050>
- Ould-Dada, Z. (2002). Dry deposition profile of small particles within a model spruce canopy. *Science of The Total Environment*, vol. 286 (1), ss. 83–96. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00965-2](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00965-2)
- Patel, R.B. & Burke, T.F. (2009). Urbanization — An Emerging Humanitarian Disaster. *New England Journal of Medicine*, vol. 361 (8), ss. 741–743. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMp0810878>
- Petersson, G. (2008). Kemisk miljövetenskap - Försurning. Tillgänglig: <http://publications.lib.chambers.se/records/fulltext/72644.pdf>
- Pope, C.A., Bates, D.V. & Raizenne, M.E. (1995). Health Effects of Particulate Air Pollution: Time for Reassessment? *Environmental Health Perspectives*, vol. 103 (5), ss. 472–480. DOI: <https://doi.org/10.2307/3432586>
- Ramírez-García, J., Almendros, P. & Quemada, M. (2012). Ground cover and leaf area index relationship in a grass, legume and crucifer crop. *Plant Soil and Environment*, vol. 58, ss. 385–390
- Reiter, O. (2007). Bostadsgården - ett privat eller offentligt rum? *Movium Bulletin*, (2), s. 8
- Rienecker, L. & Jørgensen, P.S. (2014). *Att skriva en bra uppsats*. 3:e. uppl. Stockholm: Samfundslitteratur och Liber AB.
- Riksförbundet Svensk Trädgård (2019). *Svensk Trädgård - Zonkartan*. Tillgänglig: http://www.tradgard.org/svensk_tradgard/zonkartan.html [2019-05-24]
- Rowe, D.B. (2011). Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution*, vol. 159 (8), ss. 2100–2110. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.029>
- Rowe, P.G. (1991). *Design Thinking*. Cambridge: MIT Press.
- Räsänen, J.V., Holopainen, T., Joutsensaari, J., Ndam, C., Pasanen, P., Rinnan, Å. & Kivimäenpää, M. (2013). Effects of species-specific leaf characteristics and reduced water availability on fine particle capture efficiency of trees. *Environmental Pollution*, vol. 183, ss. 64–70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.05.015>
- Sehmel, G.A. (1980). Particle and gas dry deposition: A review. *Atmospheric Environment*, vol. 14 (9), ss. 983–1011. DOI: [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(80\)90031-1](https://doi.org/10.1016/0004-6981(80)90031-1)
- SFS 2010:900. Plan- och bygglag. Stockholm: Finansdepartementet

- Speak, A.F., Rothwell, J.J., Lindley, S.J. & Smith, C.L. (2012). Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city. *Atmospheric Environment*, vol. 61, ss. 283–293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.07.043>
- Spirn, A.W. (1985). *The Granite Garden: Urban Nature And Human Design*. New York: Basic Books.
- Stiftelsen Svensk Industridesign. (2019). *Definition av design*. Tillgänglig: <http://www.svid.se/sv/Vad-ar-design/Definitionen-av-design/> [2019-04-09]
- Stockholms Stad (2010). *Areal och befolkningstäthet*. Stockholm. Tillgänglig: <http://statistik.stockholm.se/historisk-statistik/areal-och-befolkningstaethet> [2019-05-24]
- Stockholms stad (2019). *Urbana värmeöar (Urban heat island) - Stockholms miljöbarometer*. Tillgänglig: <http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimatforandringar-och-klimatanpassning/varmeboljor-och-varmestress/urbana-varmeoar-urban-heat-island/> [2019-06-03]
- Sustainable SITES Initiative (2019). *Developing sustainable landscapes*. Tillgänglig: <http://www.sustainablesites.org/> [2019-04-08]
- Sveriges Arkitekter (2015). Att bli och vara landskapsarkitekt. Tillgänglig: <https://www.arkitekt.se/att-bli-och-vara-landskapsarkitekt/> [2019-04-05]
- Sveriges lantbruksuniversitet (2019). *Primo - SLU-bibliotekets söktjänst*. Tillgänglig: https://primo.slu.se/discovery/search?vid=46SLUB_INST:SLUB_V1&lang=sv [2019-05-28]
- The World Bank (2016). *Air Pollution Deaths Cost Global Economy US\$225 Billion*. Tillgänglig: <http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2016/09/08/air-pollution-deaths-cost-global-economy-225-billion> [2019-04-05]
- Vijayaraghavan, K. (2016). Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 57, ss. 740–752. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.119>
- Vos, P.E.J., Maiheu, B., Vankerkom, J. & Janssen, S. (2013). Improving local air quality in cities: To tree or not to tree? *Environmental Pollution*, vol. 183, ss. 113–122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.10.021>
- World Health Organization (2019). *Ambient and household air pollution and health*. Tillgänglig: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en/ [2019-04-23]
- Zhao, Y., Hu, Q., Li, H., Wang, S. & Ai, M. (2018). Evaluating Carbon Sequestration and PM2.5 Removal of Urban Street Trees Using Mobile Laser Scanning Data. *Remote Sensing*, vol. 10 (11), s. 1759. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs10111759>